



Facultad de Veterinaria
Universidad Zaragoza



Trabajo Fin de Grado en Veterinaria

Los avances y beneficios de la radiología intervencionista en veterinaria

Advances and benefits of interventional radiology in veterinary medicine

Autor/es

Ayla Manterola Aramburu

Director/es

Sandra López Mínguez
Cristina Bonastre Ráfales



Facultad de Veterinaria

2021



ÍNDICE

1. RESUMEN	2
2. ABSTRACT	2
3. INTRODUCCIÓN	3
4. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	5
5. METODOLOGÍA	6
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	7
a. <i>Shunt</i> porto-sistémico	7
b. Colapso traqueal	13
c. Conducto arterioso persistente	19
d. Estenosis pulmonar	23
e. Obstrucción ureteral	28
7. CONCLUSIONES	34
8. CONCLUSIONS	35
9. VALORACIÓN PERSONAL	35
10. BIBLIOGRAFÍA	36



1. RESUMEN

La radiología intervencionista es una subespecialidad médica de la radiología que ha sido recientemente introducida en veterinaria, en efecto, en la última mitad el siglo XX. Desde su aplicación en la medicina veterinaria, ha supuesto grandes avances clínicos y ha proporcionado múltiples beneficios a la hora de tratar diversas afecciones. Ha podido dar una solución más segura a algunas de las patologías más comunes entre los animales de compañía en comparación con las técnicas tradicionales de cirugía abierta que a veces presentan múltiples complicaciones y contraindicaciones haciendo que, en muchas ocasiones, sean poco viables e inseguras para el paciente.

En este trabajo se ha realizado una búsqueda bibliográfica sobre el papel del intervencionismo en veterinaria, sus aplicaciones y el avance clínico que supone al sector. Asimismo, se han comparado las técnicas intervencionistas y las de cirugía abierta, mostrando las ventajas y desventajas de cada una de ellas, y destacando los beneficios que la radiología intervencionista puede ofrecer hoy en día a la medicina veterinaria. Para todo ello, se presenta una visión global sobre esta especialidad, el equipamiento y materiales necesarios, así como, el ejemplo de algunas de las patologías hepáticas, cardíacas, respiratorias y urinarias más representativas que actualmente se tratan con radiología intervencionista.

Hoy en día, las ventajas de la radiología intervencionista frente a la cirugía abierta son evidentes y se espera que su influencia en la medicina veterinaria sea cada vez mayor.

2. ABSTRACT

Interventional radiology is a medical subspecialty of radiology that has recently been introduced in veterinary medicine, indeed, in the last half of the 20th century. Since its application in veterinary medicine, it has led to great clinical advances and has provided multiple benefits when treating various conditions. It has been able to provide a safer solution to some of the most common pathologies among companion animals compared to traditional open surgery techniques that sometimes present multiple complications and contraindications, making them in many cases not very viable and unsafe for the patient.

In this work, a bibliographic research has been carried out about the role of interventionism in veterinary medicine, its applications and the clinical advance that it represents to the sector. Likewise, interventional and open surgery techniques have been compared, showing the advantages and disadvantages of each of them, and highlighting the benefits that interventional radiology can offer today to veterinary medicine. For all this, a global vision of this specialty, the necessary equipment and materials, as well as examples of some of



the most representative hepatic, cardiac, respiratory and urinary pathologies that are currently treated with interventional radiology are presented.

Nowadays, the advantages of interventional radiology over traditional surgery are evident and its influence on veterinary medicine is expected to grow.

3. INTRODUCCIÓN

La radiología intervencionista (RI) es una subespecialidad médica de la radiología que utiliza técnicas mínimamente invasivas guiadas por imagen para el diagnóstico y/o tratamiento de una variedad de afecciones. En veterinaria fue adaptada a partir de las técnicas desarrolladas en medicina humana, y hoy en día tiene diversas aplicaciones para tratar múltiples enfermedades.¹ Consiste en emplear diferentes instrumentos introducidos por vía vascular, percutánea o a través de orificios naturales hasta hacerlos llegar al destino deseado y allí colocar dispositivos o medicamentos con fines terapéuticos.²

Los procedimientos de RI pueden ser guiados por radiografía, fluoroscopia, ecografía o imágenes de corte transversal, aunque en la mayoría de los procedimientos realizados en veterinaria se utiliza la fluoroscopia como guía de imagen.³ El uso de la fluoroscopia digital es esencial en la mayoría de los casos ya que permite manipular de varias formas las imágenes obtenidas, ofreciendo funciones como la angiografía por sustracción digital (DSA), el “road mapping”, la sustracción y la ampliación de imagen.^{1,2}

En medicina humana, inicialmente solo se utilizaba para fines diagnósticos y se considera que tiene sus raíces en la angiografía,⁴ que es el examen radiológico de los vasos sanguíneos después de la introducción de un medio de contraste, generalmente yodado, que permite ser captado en imagen.

Antes de la aparición de la RI, la colocación de catéteres solo era posible a partir de incisiones quirúrgicas. Hasta que, en 1953, el Dr. Sven Seldinger desarrolló la técnica que lleva su propio nombre, la colocación de un catéter vascular percutáneo utilizando una aguja para acceder al vaso de una forma segura y no invasiva.^{1,4} Fue por primera vez descrita y publicada en la revista médica Acta Radiológica por el Dr. Seldinger (1953).⁵ Gracias a este método, Seldinger consiguió refinar el procedimiento colocando una guía flexible a través de una aguja después de obtener el acceso vascular y, a continuación, retirando la aguja para dejar la guía dentro del vaso sobre la cual desplazó un catéter flexible para finalmente retirar la guía y fijar el catéter a la piel. Este método permitió el acceso a vasos más pequeños, a los que no era posible acceder con los instrumentos de gran tamaño que se utilizaban anteriormente. Además, se



descubrió que era útil no solo para acceder a los vasos sanguíneos sino también para disponer de acceso percutáneo a una gran variedad de estructuras anatómicas como las vías biliares, sistema urinario, estómago, etc.⁴ En conclusión, la técnica Seldinger fue un paso clave que permitió que el campo de la radiología intervencionista pudiera crecer y desarrollarse.

Poco después de que Seldinger desarrollara su técnica, Charles T. Dotter diseñó varios dispositivos importantes incluyendo los catéteres de teflón y las guías de alambre flexibles, y también desarrolló la tecnología de grabación en secuencia rápida, lo que permitió una evaluación diagnóstica mejorada de las arterias. Asimismo, con la ayuda de su ayudante el Dr. Melvin P. Judkins, fue el primero en realizar una angioplastia transluminal percutánea para tratar la estenosis de una arteria, consiguiendo minimizar las limitaciones asociadas a la cirugía abierta, el trauma quirúrgico y la morbilidad. Hoy en día, se le considera el padre de la radiología intervencionista.⁴

Desde principios de la década de los 70, la radiología intervencionista se ha ido desarrollando a un ritmo muy rápido. Las características por las cuales destaca esta especialidad sobre las técnicas quirúrgicas clásicas incluyen: un menor riesgo quirúrgico, disminución de las necesidades anestésicas, una recuperación más rápida y menos dolorosa, una estancia hospitalaria más corta y, a menudo, costes significativamente reducidos.⁴

La especialidad de RI en **veterinaria** todavía es joven; su desarrollo inicial consistió en aplicar técnicas descritas en medicina humana y adaptarlas a la anatomía del paciente. La colaboración entre médicos radiólogos intervencionistas y veterinarios floreció hace más de 15 años. Todo comenzó con la amistad entre Jeffrey Solomon, un autoproclamado amante de los perros y radiólogo intervencionista de la Universidad de Pensilvania, y Chick Weisse, veterinario y cirujano de pequeños animales en el Hospital Veterinario de la Universidad de Pensilvania. Esta amistad finalmente se convirtió en una relación de colaboración innovadora que adaptó las técnicas utilizadas en radiología intervencionista humana para tratar diversas patologías en animales. Ambos describieron una técnica que combinaba la colocación de un *stent* y la embolización con *coil* para el cierre parcial de un vaso, así como otra técnica que utiliza un dispositivo de oclusión septal para el cierre completo del *shunt* portosistémico congénito intrahepático. Además, también observaron que las técnicas de embolización comúnmente utilizadas en medicina humana eran muy útiles en animales, y describieron la embolización percutánea transarterial y la quimioembolización para el tratamiento de tumores benignos y malignos en animales. En general, Solomon y Weisse demostraron la utilidad de diversas técnicas mínimamente invasivas para tratar una gran variedad de enfermedades en animales.⁴



En 2005, se estableció el primer servicio de RI veterinario por el Dr. Chick Weisse en el Ryan Veterinary Hospital de la Universidad de Pensilvania.^{1,2} Desde entonces, el intervencionismo en veterinaria se está expandiendo rápidamente y ha ganado un amplio reconocimiento como opción de tratamiento viable para animales.

Las mismas ventajas observadas en pacientes humanos también se recogen en animales,⁴ entre los cuales destacan: la menor tasa de morbilidad y mortalidad perioperatorias, menor riesgo de infección, menor tasa de complicaciones, menor daño a tejidos adyacentes, menor dolor posoperatorio, recuperaciones más rápidas, disminución de la duración de la estancia hospitalaria y necesidad de cuidados intensivos, mejor calidad de vida, y capacidad para tratar lesiones que no pueden ser abordadas fácilmente con técnicas tradicionales de cirugía abierta, ya que están asociadas con una excesiva tasa de morbilidad, altos costes y/o malos resultados. En general, la seguridad que presentan estas técnicas para los pacientes es una de las grandes ventajas que, en muchas ocasiones, impulsa a su uso en lugar de técnicas de cirugía abierta. Esto es evidente, por ejemplo, en el tratamiento de la estenosis pulmonar y del conducto arterioso persistente, en los que la radiología intervencionista ha permitido una resolución más segura y eficaz de la afección asociada a una mínima mortalidad intraoperatoria.

Sin embargo, hoy en día, el coste asociado a estas técnicas es una de las mayores limitaciones de su uso en veterinaria, ya que requiere una gran inversión para poder obtener y mantener todo el equipo e instrumental necesario para llevar a cabo diversas intervenciones.²

Históricamente, las técnicas de RI más habituales en veterinaria han sido la oclusión intravascular del *ductus arteriosus* persistente y la colocación de *stent* en casos de colapso traqueal canino. Sin embargo, los procedimientos de RI se han expandido recientemente incluyendo múltiples sistemas del organismo y varias especialidades entre los cuales se incluyen los cuidados intensivos, la oncología, malformaciones arteriovenosas, sistema urinario y la endoscopia intervencionista.²

4. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

El interés en realizar esta revisión bibliográfica reside en los grandes avances que se están dando en los últimos años en el ámbito de la cirugía mínimamente invasiva, incluyendo la radiología intervencionista, dentro de la medicina veterinaria y los beneficios que se están observando a la hora de tratar diferentes patologías en los animales de compañía.

Mediante esta revisión se pretende identificar las ventajas y desventajas que presentan las diferentes técnicas mínimamente invasivas frente a los procedimientos quirúrgicos



tradicionales teniendo en cuenta que es un sector que va creciendo a una velocidad muy rápida y que se espera que, un futuro próximo, prevalezca por encima de la cirugía tradicional.

Los **objetivos** que se quieren alcanzar con este trabajo son:

- Describir brevemente las técnicas de radiología intervencionista utilizadas para la resolución de afecciones hepáticas, cardíacas, respiratorias y urinarias más frecuentes de los animales.
- Estudiar las ventajas y desventajas de las técnicas de radiología intervencionista en comparación con técnicas tradicionales de cirugía abierta para el tratamiento de dichas afecciones.

5. METODOLOGÍA

El trabajo se ha realizado en base a una búsqueda bibliográfica sobre la radiología intervencionista en veterinaria utilizando las bases de datos *PubMed* (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>) y *Web of Science* (<https://apps.webofknowledge.com/>).

Para la introducción no se ha empleado un *timeline* definido. No obstante, para las afecciones y técnicas específicas se ha establecido un *timeline* concreto para poder encontrar las publicaciones más recientes y evitar artículos antiguos. En la mayoría de los casos, el *timeline* se ha fijado en los últimos 10 años, periodo comprendido entre el 2010-2021, pero para algunos casos ha sido necesario ampliar hasta el 2000 por falta de información.

La búsqueda se ha realizado usando las siguientes palabras clave. Para la introducción: *"interventional radiology"* y *"veterinary"*. Para el *shunt* porto-sistémico: *"intrahepatic congenital portosystemic shunt"*, *"percutaneous transvenous coil embolization"* y *"ameroïd constrictor"*. Para el colapso traqueal: *"tracheal collapse"*, *"tracheal collapse AND extraluminal"* y *"tracheal collapse AND stent"*. Para el conducto arterioso persistente: *"interventional cardiology veterinary"*, *"ductus arteriosus veterinary"*, *"ductus arteriosus AND interventional"*, *"Amplatz Canine Duct Occluder"* y *"ductus arteriosus AND coil"*. Para la estenosis pulmonar: *"pulmonary valve stenosis veterinary"* y *"pulmonic stenosis veterinary surgery OR surgical"*. Para la obstrucción ureteral: *"interventional urology veterinary"*, *"interventional radiology urinary"* y *"subcutaneous ureteral bypass"*.

Para completar el trabajo se han añadido imágenes obtenidas de las diferentes fuentes consultadas y que se referencian en cada imagen. Las referencias bibliográficas se han redactado siguiendo el estilo Harvard.



6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Actualmente, las patologías que más se benefician de las técnicas intervencionistas en veterinaria son el *shunt* porto-sistémico, el colapso traqueal, el conducto arterioso persistente, la estenosis pulmonar y las obstrucciones ureterales. Por este motivo, a continuación, se expondrán las aplicaciones de RI en cada una de estas patologías, y se analizarán las ventajas y complicaciones frente a las técnicas convencionales.

6.1. SHUNT PORTO-SISTÉMICO

El *shunt* porto-sistémico (SPS) es una de las malformaciones arteriovenosas más comúnmente descrita en pacientes veterinarios, que se basa en una comunicación vascular anómala entre la circulación venosa portal y sistémica que da lugar a anomalías neurológicas, bioquímicas y hematológicas.⁶

Los SPS pueden ser congénitos o adquiridos como consecuencia de una hipertensión portal crónica. Los SPS congénitos comúnmente involucran un vaso intra o extrahepático único que actúa proporcionando una directa comunicación entre la circulación venosa portal y la sistémica, impidiendo así que la sangre portal pase por el hígado y se dirija directamente a la circulación sistémica. En comparación con los SPS congénitos, en los SPS adquiridos los vasos suelen ser múltiples, tortuosos y extrahepáticos.⁶

Se han descrito muchas técnicas de **tratamiento quirúrgico** para el SPS congénito que incluyen, por un lado, una ligadura completa o parcial, y, por otro lado, una atenuación gradual utilizando un ameroide constrictor, bandas de celofán u oclusores hidráulicos.^{6,7} Todas estas técnicas extravasculares suponen la apertura de la cavidad abdominal y la disección del propio *shunt*, de la vena hepática que lo drena o de la rama de la vena porta que lo irriga.

En la mayoría de los casos, la ligadura completa del SPS provoca una hipertensión portal grave y la ligadura parcial provoca una atenuación aguda, parcial y no progresiva del SPS sin la desaparición de los signos clínicos. Debido a estas limitaciones, se desarrollaron diferentes dispositivos, entre los cuales destacan el ameroide constrictor, bandas de celofán y los oclusores hidráulicos, que provocan una atenuación gradual del *shunt*, reduciendo así el escape de sangre en comparación con la ligadura parcial. Por lo tanto, hoy en día, se recomienda realizar una atenuación gradual del *shunt*, ya que además se asocia con menos complicaciones y mortalidad perioperatorias.^{6,7}

Estas técnicas quirúrgicas son relativamente fáciles de realizar en *shunts* extrahepáticos, pero suelen ser técnicamente más difíciles para corregir los intrahepáticos debido a que el *shunt*

está localizado dentro del parénquima hepático lo que dificulta mucho su disección y aislamiento, y provoca un mayor trauma en el tejido hepático.⁷

Según algunos estudios publicados,⁸ los SPS extrahepáticos únicos pueden solucionarse mediante cirugía convencional con unos resultados excelentes en el 94% de los casos. En cambio, los SPS intrahepáticos suelen ser más difíciles de tratar quirúrgicamente, con unas tasas de mortalidad publicada que alcanzan el 60%, y las de complicaciones postoperatorias que ascienden hasta un 77%. Por ello, para el tratamiento de los SPS intrahepáticos, se desarrollaron técnicas de RI que minimizaran las complicaciones y mortalidad perioperatorias.

El cierre del *shunt* intrahepático con **técnicas RI** puede realizarse mediante la **embolización percutánea transvenosa** en un tiempo utilizando *coils* (PTCE – *Percutaneous Transvenous Coil Embolization*),⁶ que fue descrita por primera vez en el trabajo de Gonzalo-Orden et al. (2000).⁹

Previo a la intervención, es necesario realizar una tomografía computarizada con contraste para estudiar la anatomía del *shunt* y del resto de la vascularización hepática, y así planificar correctamente la intervención, disponer de un mapa vascular y conocer las dimensiones del *shunt* (Fig. 1).⁶

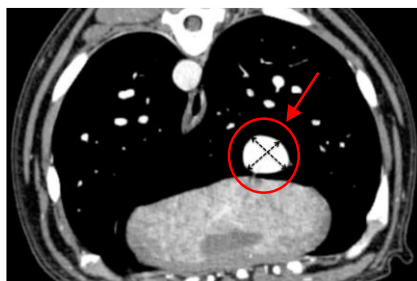


Figura 1: Medición del diámetro de la vena cava caudal mediante tomografía computarizada (Culp y Griffin, 2018).⁶

El procedimiento se inicia accediendo al sistema vascular, en este caso, a través de la vena yugular derecha mediante la técnica Seldinger.⁶ A diferencia de medicina humana, el acceso se realiza a cielo abierto, disecando cuidadosamente el vaso objeto y asegurándolo con *vessel loops* colocados craneal y caudalmente a la zona de punción.

El vaso se punciona con un catéter venoso periférico a través del cual se introduce una guía flexible hacia el lumen. A continuación, se retira el catéter y se coloca el sistema introductor (contiene un dilatador y la vaina introductora) sobre la guía avanzando por el interior del vaso.



Una vez posicionado el introductor, se retira la guía y se trabaja a través del mismo bajo control fluoroscópico.¹³

Con la ayuda de una guía hidrofílica 0.035" punta en J y un catéter Berenstein o de curvatura similar, se navega hasta la vena cava caudal para intentar acceder al *shunt* y, si se puede, a la vena porta. En esa localización se procede a la confirmación del *shunt* mediante angiografía selectiva (inyección de contraste yodado desde la vena porta) para asegurar la correcta posición del catéter. Una vez confirmada, se introducen una segunda guía y un catéter centimetrado hasta la vena cava caudal, y se realiza otra angiografía para determinar la localización de la apertura del *shunt* en la vena cava, y medir así la longitud precisa del *stent*. A continuación, se desplaza un *stent* sobre la guía y se despliega en la vena cava cubriendo la zona de apertura del *shunt* (Fig. 2: A, B, C). Después de la liberación del *stent*, se accede de nuevo al *shunt* con un catéter que atraviesa los orificios del *stent* para realizar mediciones repetidas de la presión portal y central, y así asegurarse de que la colocación del *stent* no ha provocado un incremento excesivo en la presión portal. Seguidamente, se introduce de la misma forma un segundo catéter en el *shunt*, de manera que un catéter servirá para medir la presión portal continuamente y el otro para el despliegue de *coils* (Fig. 2: D, E, F).^{6,10,13}

La capacidad trombogénica de los *coils* es gradual y puede tardar cierto tiempo, por ello, se libera un determinado número de *coils* sin llegar a ocluir por completo el *shunt*, ocupando sobre un 75% de su diámetro,¹¹ y, si es necesario, en una segunda intervención se ocluye definitivamente el *shunt* sin provocar hipertensión portal al paciente (Fig. 3).

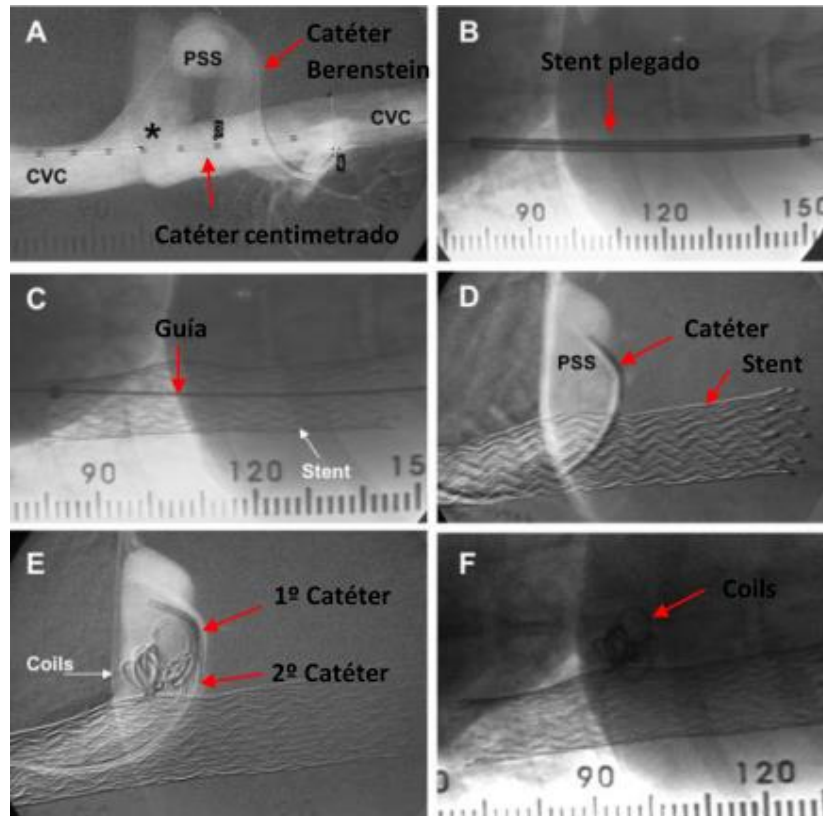


Figura 2: Procedimiento de PTCE. A: Angiografía confirmando la entrada (*) del *shunt* portosistémico (PSS) en la vena cava caudal (CVC). B: *Stent* comprimido antes de la liberación. C: Liberación del *stent*. D: Angiografía confirmando la colocación del *stent* a lo largo de la entrada del *shunt*. E: Angiografía después de la colocación de *coils* en la entrada del *shunt*. F: Radiografía después de finalizar el procedimiento (Weisse et al., 2014).¹⁰

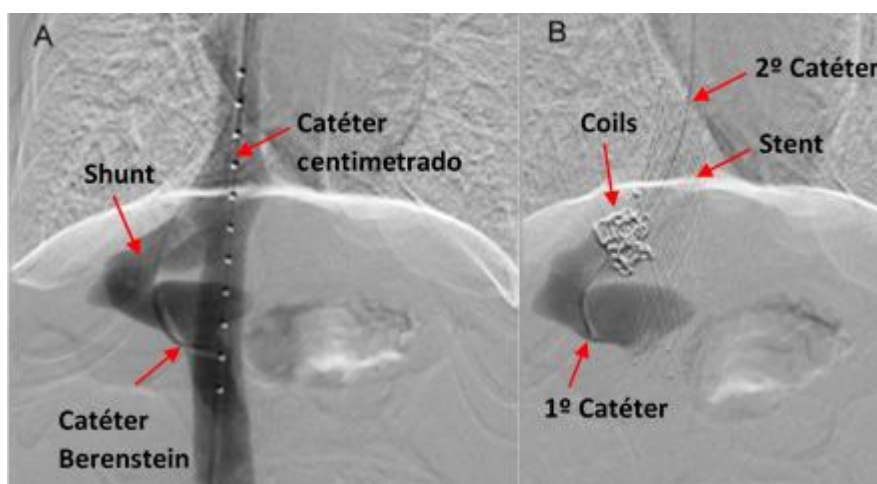


Figura 3: El antes y el después. A: Angiografía de la vena porta y cava caudal, en la cual se observa el *shunt*. B: Angiografía después del despliegue del *stent* y los *coils*, donde se observa un cierre del flujo del *shunt* (Case et al., 2017).¹²

Esta técnica da lugar a una atenuación progresiva del *shunt* en un periodo de tiempo variable en el que la combinación de *stent-coils* se organiza y se vuelve permanente (Fig. 4).¹⁰

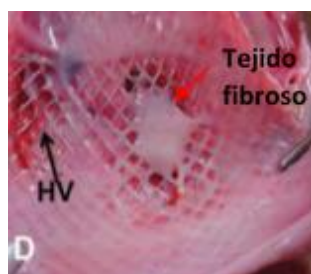


Figura 4: Vista intraluminal que muestra una vena hepática permeable (HV) y la apertura del *shunt* estrechada debido al tejido fibroso creado entre los *coils* y el *stent* (Weisse et al., 2014).¹⁰

Se estima que esta técnica permite el cierre progresivo del *shunt* en 1-2 meses. No obstante, entre los riesgos más importantes que presenta este procedimiento destaca la migración de los *coils* al corazón o a los pulmones. Por ello, es muy importante la correcta colocación y elección del *stent* en la vena cava, ya que evita la migración de dichos *coils*, así como para evitar la fractura u oclusión del *stent* por una incorrecta elección de su diámetro. Además, es muy importante seleccionar *coils* de un diámetro superior al de la celda del *stent* para que no puedan liberarse a través del mismo.¹¹

En diversos estudios realizados sobre esta técnica⁶ se ha observado que las complicaciones intraoperatorias son poco frecuentes, sobre un 14%, entre las cuales destacan la hipertensión portal y la hemorragia gastrointestinal. Por otro lado, es inusual observar complicaciones postoperatorias. La encefalopatía hepática por la no oclusión del *shunt*, parada cardíaca, hemorragia en el acceso yugular o neumonía (migración de *coils*) son algunas de las observadas, entre un 2-6% de los casos (Tabla 1).

Entre las ventajas de la PTCE frente a la cirugía abierta para el tratamiento del SPS intrahepático se incluyen, por un lado, una inferior probabilidad de hemorragia intraoperatoria en comparación con la cirugía abdominal abierta, en la cual se ha observado que el 28% de los perros presentan una hemorragia significativa. Por otro lado, las complicaciones posoperatorias son mínimas debido a la ausencia de manipulación intra-abdominal y trauma derivado en los tejidos, observado en el 35% de los perros tratados por cirugía abierta, incluyendo, hipotensión, neumonía, vómitos, pancreatitis y ascitis. Además, la PTCE se asocia a menores tiempos de hospitalización¹² (Tabla 1).



En un estudio realizado con 25 perros con SPS intrahepático¹³ se observó que la PTCE, además de no estar asociada a grandes complicaciones, conduce a una mejora en los parámetros de la analítica sanguínea y en la perfusión hepática incrementando así el volumen del hígado, lo que conlleva finalmente a la regeneración del mismo.

Por otro lado, en otro estudio publicado con 58 perros con SPS intrahepático¹² se observó que los resultados obtenidos en el tratamiento del *shunt* mediante un tratamiento quirúrgico con banda de celofán (atenuación gradual) o mediante la PTCE fueron similares, con resultados favorables en ambos casos. Aunque, cabe destacar que con la PTCE se tuvieron menos complicaciones postoperatorias y menores tiempos de hospitalización, siendo ésta una alternativa mínimamente invasiva muy adecuada para sustituir a la cirugía abierta.

Tabla 1. Ventajas y desventajas de la PTCE y la cirugía abierta.

	Cirugía abierta	PTCE (mínima invasión)
Ventajas	<ul style="list-style-type: none">-Fácil de realizar en <i>shunt</i> extrahepático-No existe riesgo de migración de <i>coils</i>-Permite realizar otros procedimientos abdominales simultáneos	<ul style="list-style-type: none">-Complicaciones intra- y postoperatorias poco frecuentes (14% y 2-6%)⁶-Menor probabilidad de hemorragia intraoperatoria-Menores tiempos de hospitalización-Mejora en los parámetros hematológicos y bioquímicos-Mejora en los signos clínicos
Desventajas	<ul style="list-style-type: none">-Invasivo-Difícil de realizar en <i>shunt</i> intrahepático-Mayor trauma a los tejidos-Mayor tasa de mortalidad y complicaciones postoperatorias (35%)¹²-Mayor riesgo de hipertensión portal y hemorragia intraoperatoria (28%)¹²	Complicaciones: <ul style="list-style-type: none">-Migración de <i>coils</i>-Fractura y oclusión del <i>stent</i>



En conclusión, la PTCE es una técnica segura, rápida y potencialmente eficaz para el tratamiento de SPS intrahepático, ya que se asocia a una baja morbilidad y mortalidad perioperatorias, mejora en los signos clínicos y en los parámetros hematológicos y bioquímicos, y menos complicaciones perioperatorias. Además, las complicaciones intraoperatorias que ponen en serio peligro la vida de los animales son muy poco frecuentes, existe poco riesgo de que ocurra una hipertensión portal, y las secuelas postoperatorias también son poco frecuentes.¹⁰ Asimismo, el porcentaje de resultados excelente/bueno es mayor que en las demás técnicas quirúrgicas, el riesgo de persistencia del *shunt* es menor, y la supervivencia post-tratamiento es mayor.⁷

En un estudio realizado por Weisse et al. (2014) en 100 perros con diagnóstico de SPS se observó que, aunque entre el 16-33% de los perros con SPS intrahepático tratados mediante PTCE puedan requerir un procedimiento adicional, la PTCE da lugar a unos resultados de buenos a excelentes en un 81% de los pacientes con una media de supervivencia de >6 años.¹⁰

Todo esto deja en evidencia que la radiología intervencionista tiene muchas ventajas y supone un gran avance en el tratamiento del SPS congénito intrahepático.

6.2. COLAPSO TRAQUEAL CANINO

El colapso traqueal es una enfermedad congénita, degenerativa, progresiva e irreversible de las vías aéreas. Esta patología se caracteriza por una debilidad de los anillos cartilaginosos, en los que la hipocelularidad y la disminución de glicosaminoglicanos conducen a una pérdida de su típica forma en C, además de un aumento de la laxitud en la *pars* muscular, lo que provoca una obstrucción dinámica de la tráquea durante el ciclo respiratorio.^{8,14}

La etiología de esta enfermedad no está bien definida, sin embargo, numerosos estudios demuestran un patrón congénito que afecta a razas pequeñas como Yorkshire Terrier, Pomerania, Caniche toy y miniatura, Chihuahua y Carlino.¹⁵ El colapso continuo y mantenido del árbol respiratorio conduce a una inflamación crónica de las vías respiratorias, que a su vez produce una tos crónica, lo que conlleva a empeorar la inflamación y comenzar un círculo vicioso de tos e inflamación. En consecuencia, se producen cambios metaplásicos en el endotelio traqueal con pérdida de la función ciliar provocando un incorrecto aclaramiento mucociliar y con ello el acúmulo de moco que termina causando neumonías en el paciente.⁸

Los perros con colapso traqueal también presentan a menudo colapso bronquial debido al progresivo debilitamiento del cartílago. Por consiguiente, la presencia o no de un colapso

bronquial simultáneo junto a la localización del colapso traqueal (cervical, intratorácica o en la entrada torácica) son determinantes en los signos clínicos, la gravedad y evolución del proceso.^{8,14}

La mayoría de los perros afectados, alrededor de un 70%,^{14-16,18} responden adecuadamente al tratamiento médico con corticosteroides, antitusivos, antibióticos y broncodilatadores, mejorando los signos clínicos durante un periodo de tiempo determinado. El tratamiento médico en muchas ocasiones es la primera y única línea de actuación debido a que las opciones quirúrgicas disponibles se asocian a diversas complicaciones además de su elevado coste. Sin embargo, el tratamiento a largo plazo con corticosteroides puede conllevar graves consecuencias como el Cushing y la hepatomegalia. Cuando la sintomatología del paciente pasa a ser incontrolable o el compromiso respiratorio es grave, es necesario optar por una opción quirúrgica.¹⁴

Se han descrito una variedad de técnicas quirúrgicas para la corrección del colapso traqueal que incluyen anillos/prótesis extraluminales colocados por cirugía abierta y los *stents* intraluminales colocados bajo control fluoroscópico (RI). Ambas técnicas dan buenos resultados, pero tienen numerosas complicaciones asociadas y requieren un entrenamiento especializado por parte del profesional.^{8,14}

El **soporte extraluminal** de la tráquea mediante la colocación de prótesis/anillos permite la restauración del diámetro traqueal sin alterar el sistema mucociliar (Fig. 5). Todos los soportes extratraqueales requieren para su colocación un abordaje ventral de la tráquea y una disección agresiva de los tejidos hasta exponerla por completo. Para ello, hay que separar los músculos esternohioideos e identificar y diseccionar cuidadosamente las arterias tiroideas y los nervios laríngeos recurrentes que discurren a ambos lados de la tráquea.¹⁴



Figura 5: Colocación de anillos extraluminales por cirugía abierta (Tappin, 2016).¹⁴

Se ha demostrado que en la mayoría de los perros tratados con esta técnica se obtienen buenos resultados reduciendo la severidad de los signos clínicos. No obstante, estas técnicas

presentan complicaciones generalmente derivadas de la disección realizada en la cirugía: mortalidad durante el periodo perioperatorio, desarrollo de tos crónica, disnea y parálisis laríngea después de la cirugía, necrosis traqueal por interrupción de sangre durante la disección o secundaria a la compresión de las prótesis, necesidad de realizar una traqueostomía permanente en alguno de los casos, y muertes por problemas del tracto respiratorio. Entre todas ellas, la parálisis laríngea es la más remarcable debido a que ocurre en un 11-21% de los casos en el postoperatorio inmediato¹⁴ (Tabla 2). Además, se debe tener en cuenta que cuando los animales presentan colapso traqueal intratorácico, no se recomienda realizar dicha técnica dado que requiere un abordaje invasivo a la cavidad torácica y la tasa de morbilidad es muy alta.^{8,14}

Debido a las altas tasas de morbilidad asociadas con técnicas de cirugía abierta para tratar el colapso traqueal intratorácico y a las numerosas complicaciones perioperatorias asociadas a la colocación extraluminal de los anillos, se han investigado diferentes métodos para la colocación de **stents intraluminales**, y se ha observado una mejoría clínica inmediata en el 75-90% de los perros tratados con *stent* intraluminales autoexpandibles de nitinol.^{8,14,18} Aunque las ventajas de esta técnica son evidentes, las complicaciones a medio y largo plazo son relativamente frecuentes.

Los *stent* traqueales permiten mantener abiertas las vías respiratorias, dando soporte de 360º al músculo dorsal de la tráquea y los anillos cartilaginosos para que no se colapsen. Se pueden colocar de una manera rápida y mínimamente invasiva bajo guía fluoroscópica en cualquier región de la tráquea.¹⁶ Antes de comenzar, es imprescindible realizar mediciones de la tráquea para la correcta elección del *stent* y, para ello, el paciente se coloca en decúbito lateral derecho con las extremidades delanteras extendidas hacia caudal y el cuello extendido para enderezar la tráquea lo máximo posible.¹⁸ La correcta elección del tamaño del *stent* es fundamental para el éxito clínico.

Las medidas traqueales se toman bajo anestesia general, con el paciente intubado lo más proximal posible y con control fluoroscópico o radiográfico. Se introduce un catéter centimetrado por el esófago para tener una referencia métrica, este catéter dispone de marcas radiopacas separadas 1 cm entre sí. Con el paciente intubado a la altura del cricoides y el catéter centimetrado en el sitio, se insufla la tráquea a una presión positiva de 20 cm H₂O para estimar el diámetro máximo de la tráquea (Fig. 6). Con estas imágenes se medirá el diámetro máximo de la tráquea a tres niveles (cervical, en la entrada torácica y carina), así como, la longitud de la tráquea.¹⁸

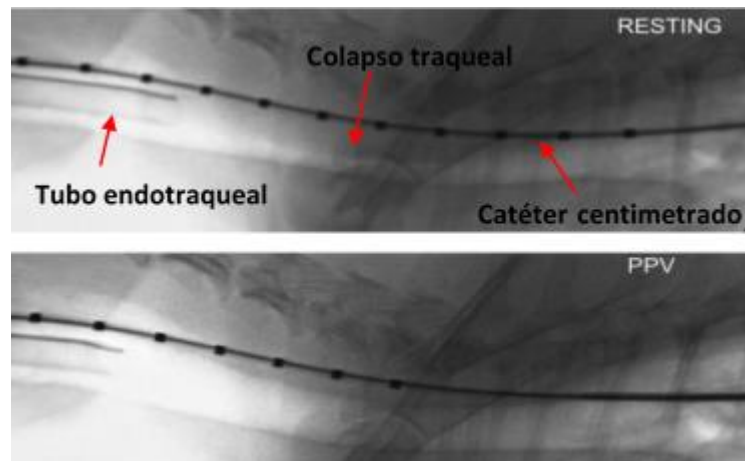


Figura 6: RESTING: Grado de colapso mínimo en reposo. PPV: Ventilación con presión positiva (20 cm H₂O) demostrando el máximo diámetro traqueal (Weisse, 2015).¹⁸

El diámetro del *stent* se elige seleccionando uno entre un 10-20% mayor que el diámetro máximo medido en la tráquea, y la longitud del *stent* debe cubrir toda la tráquea independientemente del área de colapso, dejando un centímetro distal al cartílago cricoides y un centímetro por encima de la carina.^{16,18} La correcta localización del *stent* es fundamental, debido a que si se coloca en la laringe puede provocar laringoespasma, tos y disfunción laríngea, y si se coloca muy caudal puede conllevar a que el moco se acumule y esto provoque una infección.^{14,16}

Los *stents* vienen comprimidos en un sistema liberador, lo que permite su inserción por vía orofaríngea a través del tubo endotraqueal. La liberación se realiza siempre bajo control fluoroscópico, avanzando el sistema liberador, con guía teflonada en J por delante como seguridad, hasta la carina y procediendo al despliegue lento del *stent*. Para ello, la mano derecha sujeta el vástago del sistema y la mano izquierda se mueve despacio retirándose hacia atrás para ir liberando el *stent* (Fig. 7). Cuando la mitad del *stent* se ha liberado ya no es posible volver a introducirlo en el sistema, por lo que, en caso de querer recolocararlo, debe asegurarse la posición antes de seguir liberándolo (Fig.8). Finalmente, cuando todo el *stent* está completamente desplegado, se retira el sistema liberador y la guía bajo control fluoroscópico (Fig. 9).¹⁸

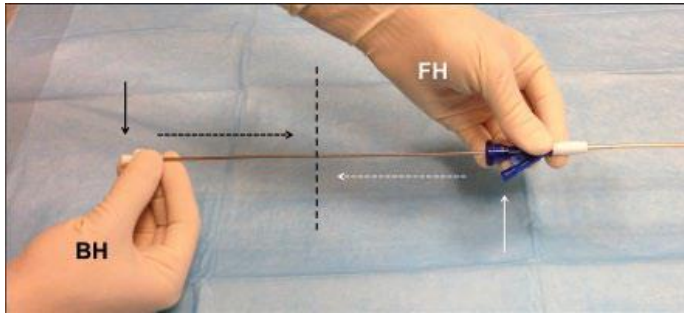


Figura 7: Sistema liberador. BH mantiene el *stent* fijo en su posición y el FH despliega el *stent* (Weisse, 2015).¹⁸



Figura 8: Liberación parcial del *stent* (flecha blanca). Nariz del sistema liberador (flecha negra) (Weisse, 2015).¹⁸

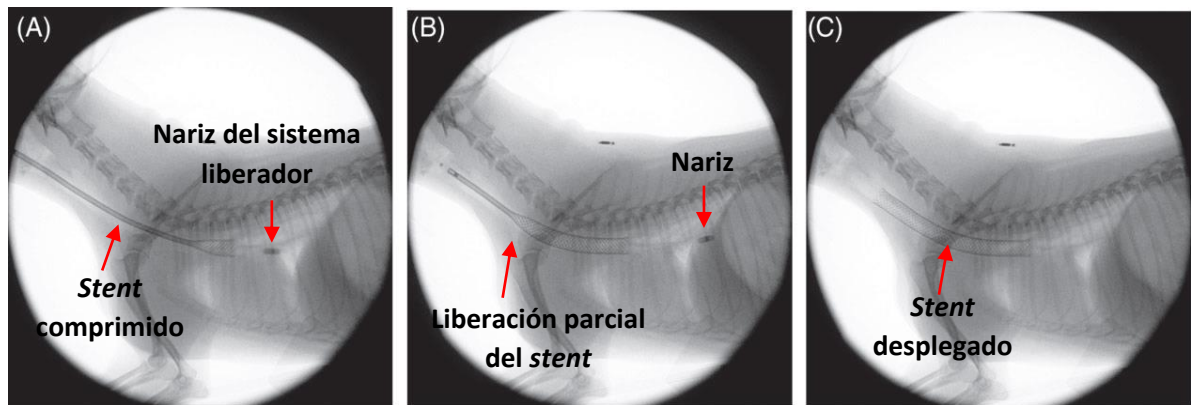


Figura 9: Proceso de despliegue del *stent* (Tappin, 2016).¹⁴

Tras la implantación del *stent*, se realiza una radiografía de control y traqueoscopia para evaluar la posición y las áreas de contacto deficiente que podrían convertirse en áreas no reepitelizadas y permitir así el acúmulo de moco, lo que conllevaría a infecciones crónicas e incremento de tos en el paciente. Además, la monitorización rutinaria mediante radiografías torácicas es importante para poder detectar posibles complicaciones como la formación de granulomas, la migración o fractura del *stent*.¹⁶

Las complicaciones inmediatas (< 1 día) de esta técnica son mínimas e incluyen una mortalidad perioperatoria de aproximadamente un 10%.⁸ Entre las complicaciones a corto (<45 días), medio (45-180 días) y largo plazo (>180 días)^{17,20} destacan el acortamiento del *stent*, traqueítis inflamatoria y bacteriana, neumonía, creación de un excesivo tejido inflamatorio/granulomatoso, desarrollo de un colapso traqueal progresivo y la fractura del *stent*.^{17,19,20} (Tabla 2). Todas ellas son más frecuentes a largo plazo, siendo la neumonía y/o la traqueítis bacteriana las más prevalentes entre todas (57%).^{17,20}

La mayoría están relacionadas con una incorrecta elección y/o colocación del *stent*. Sin embargo, el control de la tos en el postoperatorio también es una clave fundamental para evitar complicaciones tales como la fractura del *stent* o formación de excesivo tejido de granulación

por excesivo movimiento de la tráquea. Por ello, el uso de antitusivos debe continuarse indefinidamente para ayudar a mitigar la tos y así prolongar la vida del *stent* y del paciente.¹⁵

Una sobreestimación del diámetro del *stent* puede provocar que no se expanda por completo y genere excesiva fuerza radial en la tráquea lo que supone un mayor riesgo de romperse debido a la excesiva compresión sobre el *stent*. La solución en estos casos sería colocar un segundo *stent* dentro del lumen del *stent* roto. Por otro lado, los *stent* de un tamaño insuficiente tiene el riesgo de migrar a un bronquio con consecuencias fatales, o no reepitelizarse correctamente, lo que conlleva a la acumulación de mucus, inflamación y finalmente a una infección crónica. Además, un contacto desigual del *stent* con la mucosa traqueal, junto con la inflamación e infección de las vías respiratorias, puede conducir a la formación de tejido granulomatoso. Este tejido reduce el diámetro traqueal y, por tanto, reduce el flujo de aire a través del mismo provocando intolerancia al ejercicio y distrés respiratorio.¹⁶

Tabla 2. Ventajas y desventajas de los *stent* intraluminales y la cirugía abierta.

	Prótesis/anillos extraluminales (cirugía abierta)	<i>Stent</i> intraluminales (mínima invasión)
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> -Más resultados excelentes/buenos (80% vs. 28%)¹⁵ -Mayores tiempos de supervivencia 	<ul style="list-style-type: none"> -Mínimamente invasivo -Tratamiento de la tráquea entera -Mínima mortalidad perioperatoria (10%)⁸ -No hay riesgo de parálisis laríngea -Tiempos de anestesia más cortos -Tiempos de hospitalización más cortos
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> -Invasivo -Mayor mortalidad perioperatoria -No apto para el colapso traqueal intratorácico <p>Complicaciones: parálisis laríngea (11-21%),¹⁴ desarrollo de tos crónica, disnea, necrosis traqueal.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Necesidad de equipamiento específico -Elevado coste <p>Complicaciones a medio y largo plazo más frecuentes (75% vs. 18%)¹⁵: fractura del <i>stent</i>, neumonía, traqueítis, excesivo tejido inflamatorio/granulomatoso, migración del <i>stent</i>, etc.</p>



6.3. CONDUCTO ARTERIOSO PERSISTENTE (CAP)

El conducto arterioso persistente (CAP) es la anomalía congénita hereditaria más común en perros con una incidencia de 25-30%,²¹ siendo un hallazgo poco común en gatos.²² Se trata de un vaso sanguíneo que comunica la arteria pulmonar con la aorta descendente.

En condiciones normales, cuando el feto nace, sus pulmones se expanden y el incremento que ocurre en la tensión de oxígeno de la sangre estimula la contracción de la musculatura lisa del conducto. Asimismo, la disminución de prostaglandina circulante también juega un papel importante en el cierre de dicho conducto. De este modo, el conducto se convierte en el denominado ligamento arterioso. Sin embargo, en perros que presentan CAP, existe un fallo en el cierre completo del conducto debido a que el músculo liso presenta una mayor proporción de fibras elásticas no contráctiles, haciendo que el conducto no llegue a contraerse completamente. Dicho cierre siempre comienza por el lado de la arteria pulmonar, por tanto, el CAP generalmente presenta forma de embudo, siendo más ancho por el borde en contacto con la aorta descendente.²¹

Si no se corrige el defecto a una edad temprana, desencadena complicaciones como la hipertrofia cardíaca izquierda, regurgitación de la válvula mitral, arritmias, insuficiencia cardíaca congestiva, y finalmente la muerte.²⁴ Dado el mal pronóstico de los pacientes sin tratar, es necesario realizar el cierre del conducto lo antes posible mediante ligadura del conducto por cirugía abierta o con técnicas de mínima invasión.²³

La **ligadura del conducto** tiene buenos resultados si se realiza en pacientes adecuados, siendo el paciente ideal para cirugía aquel que tiene entre 8 y 16 meses de edad y que no presenta ninguna alteración cardíaca adicional.²¹

El procedimiento quirúrgico se realiza a través de un acceso torácico por el cuarto espacio intercostal izquierdo. En primer lugar, se debe identificar y aislar el nervio vago para no dañarlo durante la intervención. Después, se procede a la disección del conducto arterioso que comienza por la parte caudal, se continúa con la parte craneal y finalmente se aborda la parte medial, la más complicada y con mayor probabilidad de hemorragia intraoperatoria (Fig. 10). Una vez disecado el CAP, se pasa un disector por la parte medial del conducto de caudal a craneal, para agarrar el hilo de sutura y pasarlo por debajo del conducto (Fig. 11). Finalmente, el conducto se cierra lentamente con una doble ligadura, comenzando por la parte más cercana a la aorta. Es importante tener en cuenta que algunos pacientes pueden tener una bradicardia refleja (reflejo de Branham) como consecuencia del rápido incremento de la presión en la aorta

debido al cierre del conducto. Por ello, algunos autores recomiendan cerrar el conducto paulatinamente en un tiempo de 2-3 minutos para minimizar este efecto. Llegados a este punto, si el paciente se mantiene hemodinámicamente estable, se realiza la segunda ligadura en el lado de la arteria pulmonar.²¹

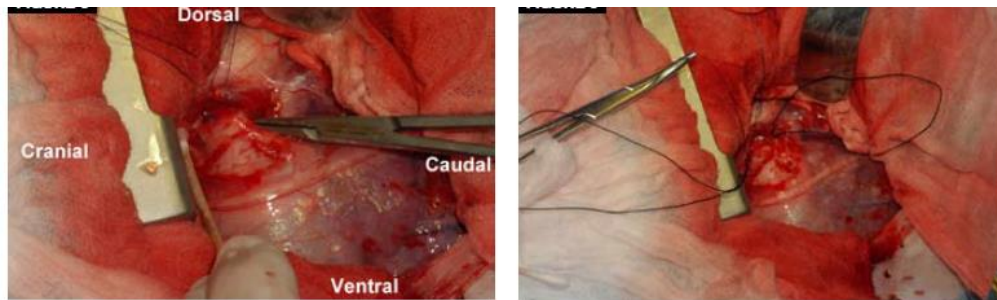


Figura 10 y 11: Cierre del CAP por ligadura (Broaddus y Tilson, 2010).²¹

Hoy en día, existen diferentes variantes de ésta técnica convencional. La segunda técnica más utilizada es la denominada método Jackson-Henderson, en donde la sutura se pasa por la cara dorsal y medial de la aorta sin tener que realizar la disección medial del conducto. Asimismo, también existe la posibilidad de cerrar el conducto utilizando clips hemostáticos.²¹

Las complicaciones asociadas a esta cirugía incluyen: hemorragia, flujo sanguíneo residual o recurrente, disfunción laríngea, embolia gaseosa, hipoxia del sistema nervioso central, hipoxia del miocardio, hipotermia e hipercapnia/hipocapnia con posterior acidosis/alcalosis respiratoria (Tabla 3). La complicación más grave que puede ocurrir es el daño directo del CAP durante su disección que conduce a una hemorragia grave intraoperatoria.²¹

Las **técnicas mínimamente invasivas** para el tratamiento del CAP incluyen técnicas intravasculares que implican el uso de *coils* trombogénicos o dispositivos de oclusión intravasculares. Generalmente, suponen menores tasas de mortalidad, menos complicaciones y menos flujo sanguíneo residual o recurrente.²¹

La técnica más utilizada hoy en día para el cierre del CAP es la utilización de **dispositivos de oclusión intravasculares**. Actualmente, en veterinaria se utiliza el **Amplatz Canine Duct Occluder** (ACDO) (Fig. 12).^{21,23,24} Es un dispositivo autoexpandible de nitinol compuesto por una parte central estrecha que se localiza entre un disco distal plano y un disco proximal ahuecado, y está específicamente diseñado para adaptarse a la forma del CAP canino. Con ello, se consigue un cierre completo inmediato en el 94% de los perros y la probabilidad de oclusión tardía o recanalización es mínima.²⁵



Figura 12: Amplatz Canine Duct Occluder (Tobias y Stauthammer, 2015).²⁴

Previo a la cirugía se debe medir el tamaño del CAP y el diámetro ductal mínimo mediante ecocardiografía, siempre realizado por un ecografista experimentado.²⁶ El acceso vascular se realiza a través de la arteria femoral a cielo abierto utilizando la técnica Seldinger como se ha explicado anteriormente. Una vez disponible el acceso vascular, se introduce un catéter *pigtail* multiperforado sobre guía bajo fluoroscopia con el fin de realizar una angiografía para determinar la morfología del conducto, la localización del mismo y el diámetro ductal mínimo en su apertura en la arteria pulmonar (*ostium*) (Fig. 13.A). Una vez realizadas las medidas se selecciona un dispositivo con un diámetro aproximadamente dos veces mayor al diámetro ductal mínimo medido.²⁶ A continuación, se retira el catéter, y se avanza un catéter tipo vertebral sobre la guía para canalizar el CAP y la arteria pulmonar. Una vez canalizado, se retira la guía y se avanza por el interior del catéter el dispositivo comprimido que va unido a un cable por dentro de dicho catéter (Fig. 13.B). En primer lugar, se despliega el disco distal del dispositivo dentro de la arteria pulmonar retirando el catéter y empujando el cable ligeramente más allá de la punta del catéter (Fig. 13.C). A continuación, el cable y el catéter se retraen al mismo tiempo hasta que este disco distal contacta con el *ostium* pulmonar. Después, mientras se mantiene el cable en la misma posición, se retrae el catéter liberando así la parte central estrecha del dispositivo en el *ostium* pulmonar y el disco proximal dentro del CAP (Fig. 13. D, E). Finalmente, se libera el ACDO y se retiran el cable y el catéter, se realiza una segunda angiografía para observar el cierre correcto del conducto (Fig. 13.F).^{21,24}

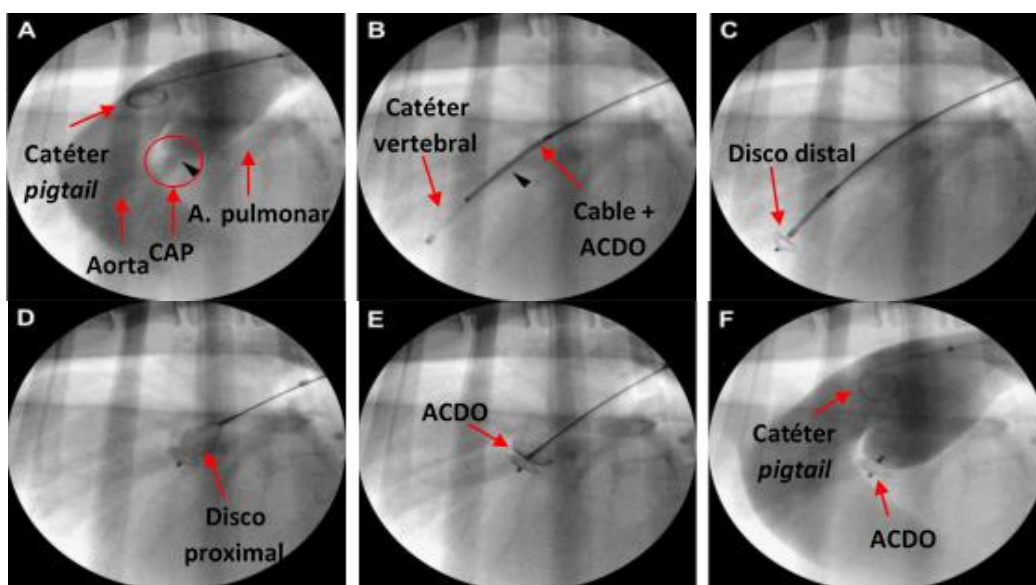


Figura 13: Cierre del CAP mediante ACDO (Tobias y Stauthammer, 2010).²⁴

Tabla 3. Ventajas y desventajas de la cirugía abierta y la colocación del ACDO.

	Ligadura del conducto (cirugía abierta)	<i>Amplatz Canine Duct Occluder</i> (mínima invasión)
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> -Tiempos de anestesia y cirugía más cortos (95' vs. 119,5')²⁸ -Menor coste de equipamiento -No existe limitación de tamaño -La forma del CAP no interfiere en la cirugía -Menor probabilidad de hipotensión -Menor uso de vasopresores 	<ul style="list-style-type: none"> -Excelente seguridad y eficacia -Eficaz en una amplia gama de formas y tamaños ductales -Tasa de éxito: 92%²⁸ -Gran facilidad de despliegue -Mínima mortalidad intraoperatoria -Cierre del conducto en los tres primeros meses posoperatorios²¹ -Flujo residual ductal mínimo -Menores tiempos de hospitalización
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> -Mayor porcentaje de complicaciones mayores (10% vs. 0%)²⁸ <p>Complicaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Daño directo al CAP (hemorragia severa) -Flujo sanguíneo residual o recurrente -Disfunción laríngea -Embolia gaseosa -Hipoxia del sistema nervioso central y/o del miocardio -Hipotermia e hipercapnia/hipocapnia con posterior acidosis/alcalosis respiratoria 	<ul style="list-style-type: none"> -Requiere sistemas de liberación de gran diámetro -No apto para perros <3-4kg (limitación de tamaño)²¹ <p>Complicaciones:²⁷</p> <ul style="list-style-type: none"> -Sangrado y/o perforación de la arteria femoral -Daño en la aorta (hemorragia grave) -Dislocación e inestabilidad del ACDO -Migración del dispositivo a la aorta o la arteria pulmonar -Embolización pulmonar -Estimulación vagal (bradicardia e hipotensión) -Reapertura ductal

Para la colocación del ACDO es imprescindible colocar un introductor de cierto grosor y en pacientes de razas toy no siempre es posible. Debido a la limitación del tamaño, es posible recurrir al uso de **coils trombogénicos**. Estos dispositivos son aptos para perros en los cuales el diámetro ductal mínimo es de 2 mm o menor,²⁴ pero se asocian a un gran número de complicaciones entre las cuales destacan el desplazamiento del *coil* hacia la arteria pulmonar que conlleva a embolización pulmonar, flujo residual significativo, y hemólisis y hematuria.^{21,29} Además, solo se recomienda su uso en casos de CAP pequeños, dado que en CAP de tamaño moderado la probabilidad de flujo residual y migración del *coil* es mayor.^{21,24,25}

Sin embargo, recientemente se ha desarrollado un prototipo “*low profile ACDO*”³⁰ que supone un método seguro y eficaz para el cierre del CAP en perros pequeños sin necesidad de recurrir al uso de *coils* trombogénicos.

En conclusión, mediante diversos estudios realizados²⁸ se ha observado que la mayor tasa de éxito se obtiene con el ACDO, seguido de la cirugía abierta y finalmente los *coils*. Por tanto, el ACDO y la cirugía abierta se consideran técnicas superiores a la embolización mediante *coils*. Aunque, la mayor tasa de complicaciones intraoperatorias asociada a la cirugía abierta y las limitaciones del tamaño del ACDO son dos aspectos que se deben considerar en el momento de elegir un método u otro para el tratamiento del CAP en los perros.

6.4. ESTENOSIS PULMONAR

La estenosis pulmonar es una de las anomalías congénitas más comunes de los perros que está causada por un estrechamiento u obstrucción del tracto de salida del ventrículo derecho en la región de la válvula pulmonar. Anatómicamente se clasifica en supravalvular, valvular y subvalvular, siendo la estenosis valvular la más frecuente. Los perros que presentan una estenosis valvular pulmonar severa, con una diferencia de presiones a través de la estenosis mayor a 80 mmHg, suelen desarrollar signos clínicos como intolerancia al ejercicio, letargia, síncope y muerte súbita.^{24,31}

Hoy en día, la **valvuloplastia pulmonar con balón** es la técnica de mínima invasión más aceptada y utilizada para el tratamiento de la estenosis pulmonar severa en perros sintomáticos, ya que consigue reducir los signos clínicos, mejorar la supervivencia del animal y presenta bajas tasas de morbilidad y mortalidad.^{24,31}

La estenosis pulmonar se clasifica en dos tipos morfológicos mediante ecocardiografía transtorácica con Doppler (Tabla 4).

Tabla 4. Tipos morfológicos de la estenosis pulmonar.³¹

TIPO A	TIPO B
<ul style="list-style-type: none"> -Leve engrosamiento de la válvula pulmonar con fusión de las valvas -Mínimo o nulo estrechamiento del anillo de la válvula pulmonar -Frecuente dilatación post-estenótica de la arteria pulmonar *Mejor candidato para la valvuloplastia pulmonar 	<ul style="list-style-type: none"> -Moderado a severo engrosamiento de las valvas con un grado variable de hipoplasia -Hipoplasia del anillo pulmonar -Fusión mínima de las valvas -Rara dilatación post-estenótica *Mejor candidato para intervención quirúrgica

Una causa poco común de estenosis pulmonar es la existencia de la arteria coronaria derecha única, que es un defecto congénito en el que la arteria coronaria izquierda surge a partir de la arteria coronaria derecha en vez de la aorta. En este caso, la arteria coronaria izquierda rodea la arteria pulmonar para llegar al ventrículo izquierdo provocando la constricción y estenosis del mismo. Es muy importante considerar esta anomalía ya que, si se realiza dicha técnica en presencia de la misma, existe un alto riesgo de muerte intraoperatoria debido al trauma de la arteria carótida izquierda aberrante.^{24,31}

Antes de realizar la valvuloplastia pulmonar con balón se deben tener en cuenta cuatro aspectos: la severidad de la estenosis pulmonar, el tipo de estenosis (A o B), defectos cardíacos concurrentes, y enfermedades sistémicas simultáneas. Por tanto, es necesario realizar una ecocardiografía previa tanto para la valoración general como para la toma de medidas del gradiente de presión. El diámetro del anillo de la válvula pulmonar determinará el tamaño del catéter balón que se empleará para la valvuloplastia.³¹

El procedimiento de valvuloplastia pulmonar comienza realizando un abordaje a cielo abierto a la vena yugular o a la vena femoral, aunque la vena yugular derecha es la más comúnmente utilizada, ya que es más grande y su recorrido es el más directo a la válvula pulmonar. Una vez colocado el introductor en la vena yugular, se pasa un catéter tipo cobra II sobre guía hasta el corazón. A continuación, se realiza una angiografía inyectando contraste en el ventrículo derecho con el catéter orientado hacia la estenosis para disponer de un mapa de la misma (Fig. 14.A). Una vez realizada la angiografía se avanza una guía hidrofílica a través de la estenosis hasta las arterias pulmonares y el catéter sobre esta. Una vez avanzado el catéter se realiza un cambio de guía para disponer de mayor soporte (cambio de guía hidrofílica por una

teflonada en J). Sobre la nueva guía se avanza el catéter balón para realizar la valvuloplastia. Los balones de angioplastia son radiolúcidos, por lo que se utiliza una mezcla 1:1 de contraste/suero para su inflado.^{24,31}

Con el balón posicionado en medio de la estenosis se infla con ayuda de un manómetro para no ejercer una presión superior a la indicada por el fabricante (Fig. 14.B). Se debe tener en cuenta que el balón inflado obstruye el flujo sanguíneo hacia la arteria pulmonar y esto puede provocar una caída significativa en el oxígeno de la sangre y en la presión arterial ocasionando la aparición de taquicardia y/o arritmias. Por tanto, la comunicación con el anestesista es imprescindible y el periodo de inflado del balón debe ser corto, aunque pueda repetirse las veces que sea necesario. Una vez la muesca del balón ha desaparecido (Fig. 14.C), se retira y se realiza una angiografía final.^{24,31}

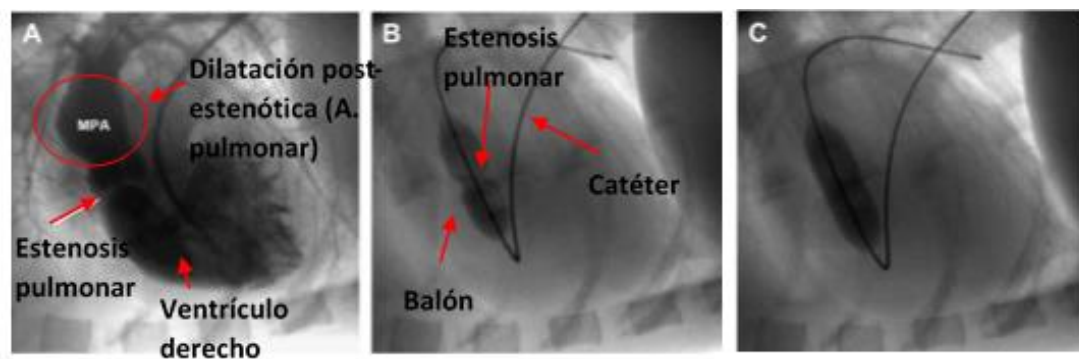


Figura 14: Valvuloplastia pulmonar bajo guía fluoroscópica (Tobias y Stauthammer, 2010).²⁴

Los balones de valvuloplastia (“balones de alta presión”) están específicamente diseñados para el tratamiento de la estenosis pulmonar, ya que son de pequeño tamaño, son semiflexibles, tienen una rápida capacidad de inflado y vaciado, y soportan altas presiones.^{23,32} (Fig. 15)



Figura 15: *Atlas PTA Dilatation Catheter.* (Fuente: <https://www.bd.com/en-us/offering/capabilities/vascular-surgery/angioplasty/atlas-pta-dilatation-catheter>) [Acceso: 18-03-21]

Si el procedimiento ha sido exitoso, el gradiente de presión a través de la estenosis debe reducirse al menos en un 50% o debe ser menor a 80 mmHg.³² La tasa de éxito de esta técnica ronda sobre un 70-80%, las complicaciones serias asociadas son extrañas y las tasas de mortalidad son muy bajas, excepto para pacientes de alto riesgo.³¹ (Tabla 5)

En un estudio realizado con más de 500 perros,²⁷ se observaron distintas complicaciones durante el procedimiento de la valvuloplastia pulmonar que incluyeron fibrilación ventricular, perforación infundibular con hemopericardio, ruptura o bloqueo del balón, y neumotórax. En esta publicación se constata que las complicaciones presentes fueron causadas por una incorrecta realización de la técnica quirúrgica y no por falta de seguridad del procedimiento.

Otra técnica que se ha descrito cuando no se consigue la dilatación de la estenosis por su carácter elástico es la colocación de **stents** en el anillo de la válvula pulmonar (Fig. 16).³³ Mediante ésta técnica se puede conseguir una reducción inmediata del gradiente de presión a través de la válvula pulmonar, pero se asocia a más inconvenientes y complicaciones que la valvuloplastia pulmonar. La fatiga cíclica del *stent* debida a la compresión producida por el tracto de salida del ventrículo derecho y la fuerza del músculo cardíaco hipertrofiado hacen difícil evitar su fractura y migración. Además, la mejoría en el paciente puede ser de corta duración con la aparición de una progresiva reestenosis.²³ Por todo ello, es una técnica que no suele utilizarse hoy en día.

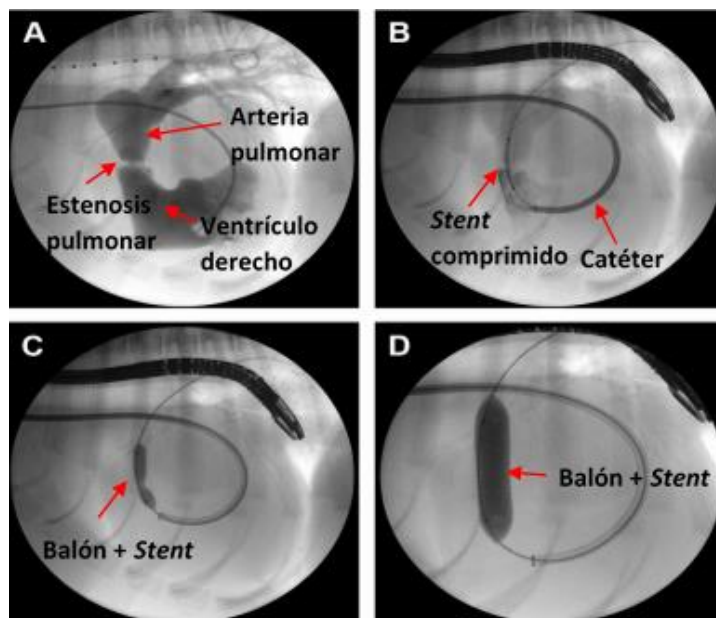


Figura 16: Colocación de un *stent* en la válvula pulmonar. A: Angiograma confirmando la estenosis pulmonar. B: Avance del catéter desde la vena yugular derecha hasta el ventrículo derecho, a través del cual se avanza el *stent* expandible con balón hasta el anillo de la válvula

pulmonar. C: Inflado del balón del *stent* para su expansión. D: Segundo inflado con un balón de alta presión para conseguir el diámetro adecuado del *stent* (Scansen, 2018).²³

En lo que se refiere a técnicas de **cirugía abierta** para el tratamiento de la estenosis pulmonar, el injerto de un parche en el tracto de salida del ventrículo derecho es una de las técnicas más utilizadas (Fig. 17). Existen diferentes métodos para la colocación de dicho parche, siendo el *bypass* cardiopulmonar el más empleado por motivos de seguridad, control y precisión quirúrgica.³⁴⁻³⁶

En un estudio realizado en 9 perros³⁵ se observó que ésta técnica se asocia a una reducción significativa y sostenida del gradiente de presión y a una buena supervivencia a largo plazo en perros que sobreviven al periodo perioperatorio, sin evidencia de reestenosis subclínica y sin aparición de los signos clínicos. Sin embargo, es una técnica muy agresiva e invasiva y la tasa de mortalidad perioperatoria es significativamente alta (Tabla 5). Por ello, nunca es un tratamiento de primera elección. Se recurre siempre a la valvuloplastia pulmonar.

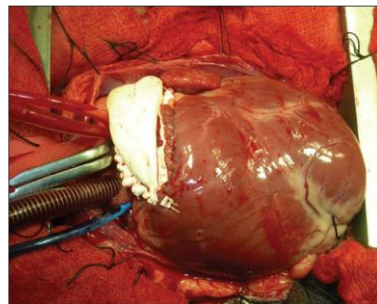


Figura 17: Injerto del parche en el tracto de salida del ventrículo derecho (Bristow, 2018).³⁵

La valvuloplastia pulmonar se estima que produce una reducción inmediata y a largo plazo de más de un 50% del gradiente de presión o que baja el gradiente por debajo de 80 mmHg, y que dicha reducción se mantiene entre 6 meses y 9 años. Por lo contrario, la cirugía abierta se estima que supone una reducción inmediata del 60% y esta reducción de presión se mantiene mínimo entre 6 meses y 3 años después de la intervención.³⁶

Tabla 5. Ventajas y desventajas de la cirugía abierta y la valvuloplastia pulmonar.

	Cirugía abierta	Valvuloplastia pulmonar (mínima invasión)
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> -Menor tasa de reestenosis³⁶ -Buena supervivencia a largo plazo en perros que sobreviven 	<ul style="list-style-type: none"> -Tasas de mortalidad y morbilidad bajas -Tasa de éxito: 70-80%³¹ -Complicaciones serias poco frecuentes³¹ -Reducción del gradiente de presión y mantenimiento a largo plazo
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> -No es curativo -Costoso -Tasa de mortalidad alta <p>Complicaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Insuficiencia pulmonar -Hemorragia intraoperatoria -Hipotensión profunda -Regurgitación pulmonar severa -Estenosis residual 	<ul style="list-style-type: none"> -Mayor tasa de reestenosis³⁶ <p>Complicaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Fibrilación ventricular -Perforación infundibular -Ruptura/bloqueo del balón -Neumotórax -Estenosis residual -Regurgitación pulmonar

6.5. OBSTRUCCIÓN URETERAL

La endourología utiliza la combinación de técnicas de radiología y endoscopia intervencionista para proporcionar soluciones guiadas por imagen para el tratamiento de varias enfermedades del tracto urinario. En el sistema urinario la fluoroscopia, endoscopia y/o ecografía se utilizan para acceder al riñón, uréter, vejiga y/o uretra con el fin de tratar diferentes afecciones como obstrucciones del tracto urinario, cálculos, hemorragias, neoplasia o incontinencia urinaria.³⁷⁻³⁹

Existen diversas técnicas para solucionar cada afección; en el ámbito de la radiología intervencionista destaca principalmente la liberación de obstrucciones mediante la implantación de un *stent* ureteral/uretral, colocación de *stent* ureteral doble J y la sustitución ureteral con un SUB (*Subcutaneous Ureteral Bypass*). Otras intervenciones con gran auge en los



últimos tiempos incluyen la liberación intra-arterial de fármacos terapéuticos o la terapia con células madre en animales con insuficiencia renal crónica.^{37,38}

Las obstrucciones ureterales son la afección más común del tracto urinario superior de los animales,³⁷⁻³⁹ y hoy en día, debido a las técnicas invasivas y la alta morbilidad/mortalidad asociada a la cirugía tradicional, se recurre al uso de alternativas mínimamente invasivas para su tratamiento.

La ureterolitiasis es la causa más común de obstrucción ureteral tanto en gatos como en perros.^{37,38} Sin embargo, la mayoría de los cálculos en ambas especies están compuestos de oxalato de calcio, haciendo que sean imposibles de disolver médicamente y, por tanto, necesitan ser tratados quirúrgicamente, siendo necesaria la estabilización previa del paciente.³⁹

La **cirugía ureteral tradicional** para el tratamiento de la ureterolitiasis obstructiva incluye la ureterotomía, neoureterocistotomía y ureteronefrectomía.^{37,38} La mayoría de estas técnicas tradicionales suponen mortalidades elevadas (18-30%)³⁹ y una alta incidencia de reobstrucciones (40%).³⁸ Generalmente, en gatos las complicaciones y mortalidades asociadas con estas técnicas son mayores que en perros (30% y 21% respectivamente)^{37,38} debido a la inestabilidad del paciente, y sobre todo, al reducido diámetro de la estructura anatómica (Tabla 6).

Las **alternativas intervencionistas** a la cirugía tradicional en obstrucciones ureterales dan como resultado una inmediata descompresión, menos complicaciones y mortalidad perioperatorias, tratamientos exitosos, la posibilidad de abordar cálculos tanto en el riñón como en el uréter para prevenir futuras obstrucciones, y una menor tasa de recurrencia de futuras obstrucciones.³⁷⁻³⁹ Debido a ello, las nuevas técnicas de radiología intervencionista, como la colocación de *stents* o de dispositivos SUB, van cogiendo importancia y hoy en día se utilizan cada vez con mayor frecuencia.

Los ***stents* ureterales** son tubos que se colocan dentro del uréter para permitir que la orina fluya desde el riñón (pelvis renal) a la vejiga urinaria. Hoy en día, el tipo de *stent* más utilizado en veterinaria es el *stent* ureteral doble J (Fig. 18), y principalmente se utiliza para el tratamiento de obstrucciones benignas causadas por cálculos o estenosis.^{37-39,41}

Los *stents* ureterales se colocan principalmente mediante cistoscopia en perros y, cuando es posible, también en gatos. Se pueden insertar de una manera retrógrada a través del orificio ureteral en la unión ureterovesical o de manera anterógrada a través de la pelvis renal accediendo percutáneamente o quirúrgicamente.^{39,41} (Fig. 19)



Figura 18: Stent ureteral doble J (Berent, 2015).³⁸

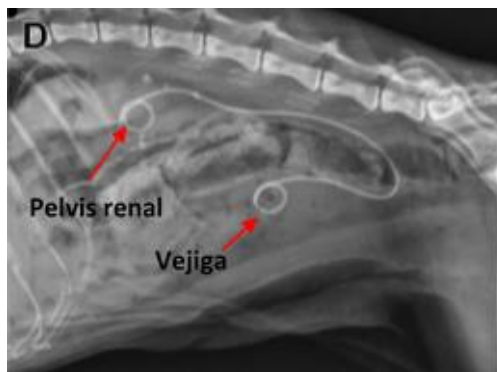


Figura 19: Colocación del stent ureteral doble J que va desde la pelvis renal hasta la vejiga (Berent, 2015).³⁸

La colocación de *stents* ureterales en perros y gatos es una técnica segura y eficaz que consigue una descompresión inmediata del sistema renal. Los resultados a corto plazo son buenos, y las complicaciones a largo plazo son poco comunes en perros, siendo más frecuentes en gatos (Tabla 6). En general, la tasa de éxito de los *stents* ureterales es muy alta, llegando a un 98% en perros y un 94% en gatos.³⁹ Sin embargo, debido a las complicaciones a largo plazo que se observan en gatos, está más recomendado el uso de SUB en estos pacientes.

El **SUB** es un dispositivo nuevo que ha sido diseñado para su uso exclusivo en veterinaria. Utiliza la combinación de un catéter de nefrostomía y un catéter de cistotomía conectados a un puerto subcutáneo con una membrana que permite la toma de muestras seriadas y la inyección de sustancias sin dañar la membrana. Gracias a este dispositivo, la orina puede fluir desde el riñón hasta la vejiga sustituyendo el uréter afectado.³⁷⁻⁴¹ (Fig. 20)

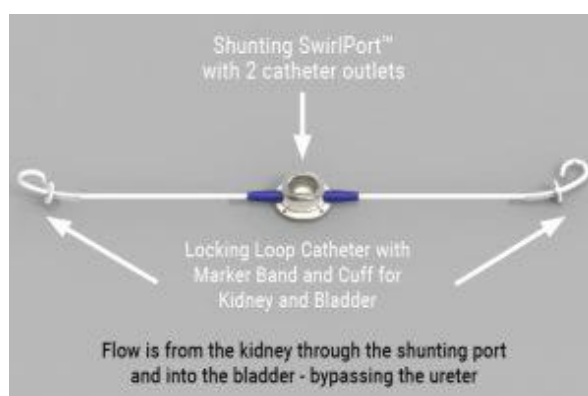


Figura 20: SUB. (Fuente: <https://norfolkvetproducts.com/products/sub-2/>) [Acceso: 18-03-21]

Para su implantación, el paciente se coloca en decúbito dorsal y se realiza una incisión abdominal para exponer la vejiga y el riñón afectado. En primer lugar, se coloca el catéter de nefrostomía bajo guía fluoroscópica utilizando la técnica Seldinger. Se introduce un catéter 18G

en el polo caudal del riñón hasta la pelvis renal (Fig. 21.A y 22.A), al cual se le adjunta una llave de tres vías para permitir el drenaje de orina del riñón y la inyección de medio de contraste para poder confirmar la obstrucción ureteral (Fig. 21.B). A continuación, una guía hidrofílica 0.035" punta en J se introduce por el catéter 18G y se enrolla dentro de la pelvis renal (Fig. 21.C y 22.B). Se retira el catéter 18G y se avanza el catéter de nefrostomía con bucle recto mientras avanza sobre la guía (Fig. 21.D), la cual se retira y se tira de la cuerda de bloqueo del catéter para bloquear la espiral dentro de la pelvis renal. Antes de continuar, se debe asegurar que la marca radiopaca del catéter que indica la posición de la última fenestración se encuentra dentro de la pelvis renal (Fig. 22.C). Una vez confirmado esto y cuando la punta del catéter está enrollada dentro de la pelvis, se avanza un disco de PET (tereftalato de polietileno) sobre el catéter hasta la cápsula renal, seguido por una funda de silicona, y se aplica cola de cianoacrilato estéril entre el disco y la cápsula renal para prevenir la fuga de orina o su movimiento (Fig. 21.E). Finalmente, se introduce medio de contraste para asegurar que no hay fugas (Fig. 22.D).⁴⁰

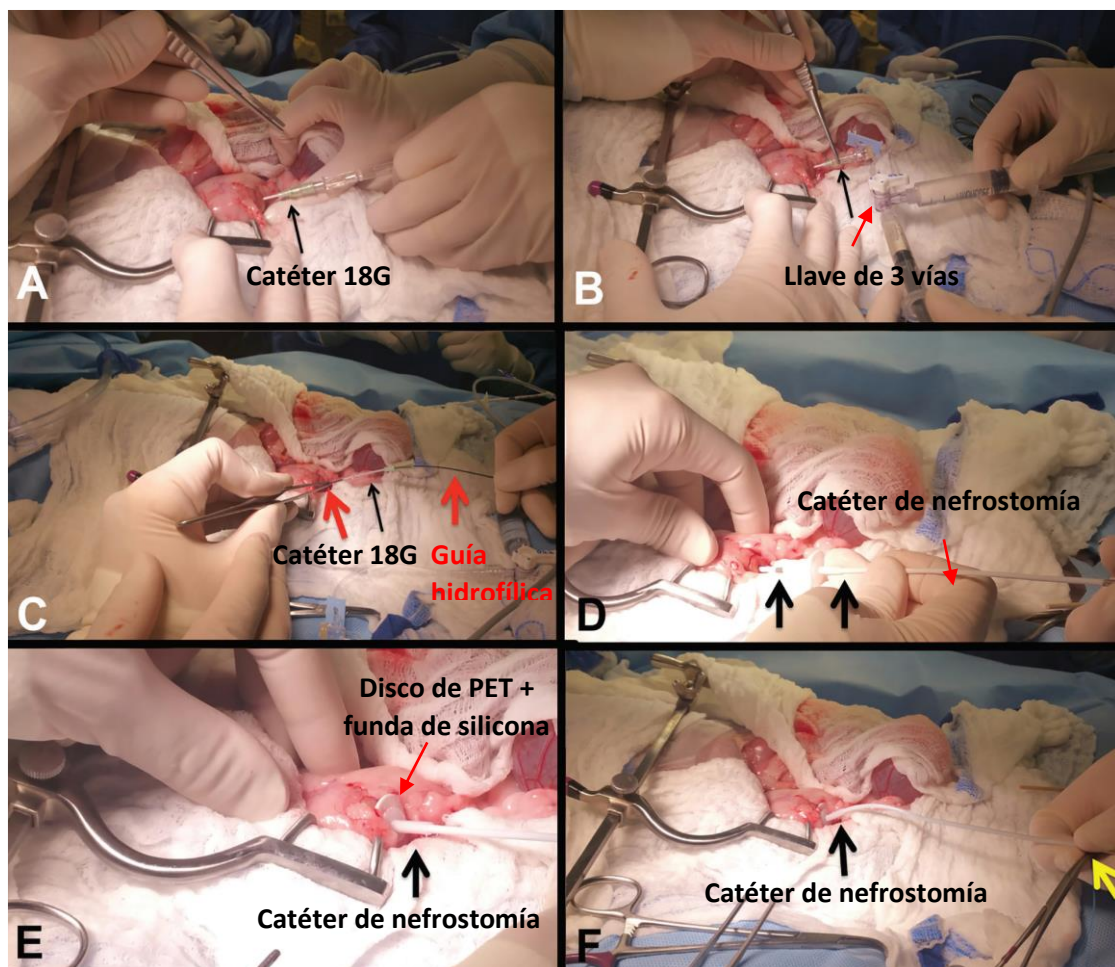


Figura 21: Imágenes intraoperatorias obtenidas durante la colocación del catéter de nefrostomía (Berent, 2018).⁴⁰

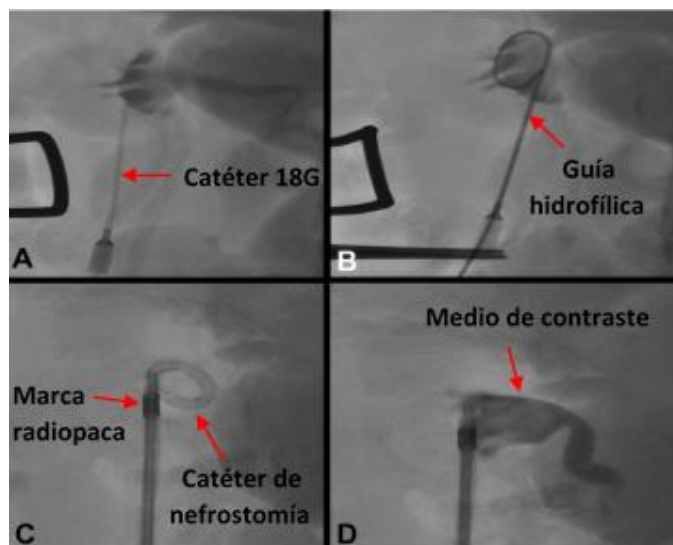


Figura 22: Imágenes fluoroscópicas obtenidas durante la colocación del catéter de nefrostomía (Berent, 2018).⁴⁰

En segundo lugar, se coloca el catéter de cistotomía. Para ello, se realiza una sutura en bolsa de tabaco en el ápice de la vejiga, se realiza una incisión en el centro de la sutura (Fig. 23.A), y se introduce el catéter de cistotomía con el bucle recto en la vejiga. Entonces, se asegura la sutura alrededor del catéter, se libera la punta en *pigtail* del catéter y se pega y se sutura el disco de PET a la superficie serosa de la vejiga (Fig. 23.B). Se inyecta solución salina estéril para corroborar que no hay fugas. Para finalizar, se disecan la piel y el tejido subcutáneo de la pared abdominal lateral, y los catéteres de nefrostomía y cistotomía se pasan a través de la pared para unirse al puerto subcutáneo. Una vez que los catéteres están unidos al puerto, se inyecta solución salina estéril en el sistema para asegurar que no hay fugas y se sutura el puerto a la pared abdominal. A continuación, se inyecta un medio de contraste a través de puerto y se realiza una fluoroscopia para asegurar que el sistema es permeable y que ambos catéteres están drenando correctamente la orina sin presencia de ninguna fuga (Fig. 24).⁴⁰

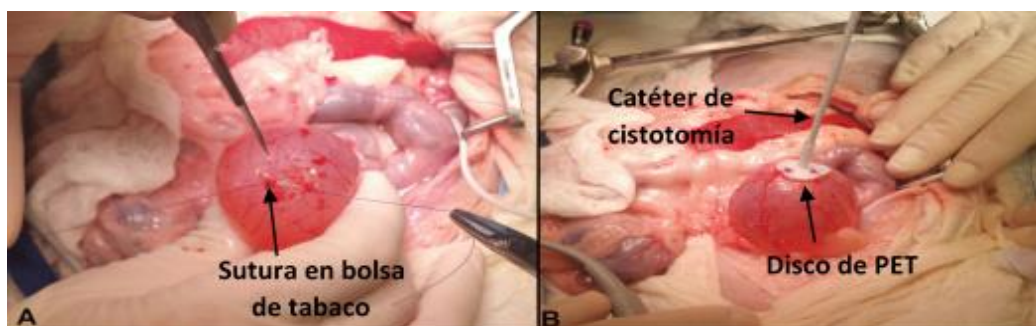


Figura 23: Imágenes intraoperatorias obtenidas durante la colocación del catéter de cistotomía (Berent, 2018).⁴⁰

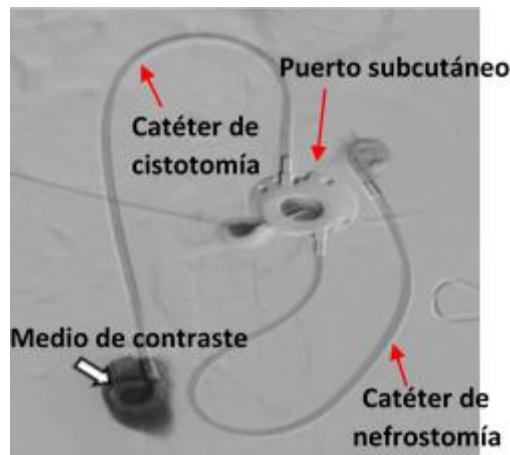


Figura 24: Imagen fluoroscópica obtenida después de la colocación del SUB (Berent, 2018).⁴⁰

El SUB es una alternativa viable para el tratamiento de obstrucciones ureterales benignas en gatos, ya que consigue exitosas descompresiones de la pelvis renal independientemente de la causa de la obstrucción, localización de la misma, o la presencia de cálculos. Además, gracias al puerto subcutáneo, se pueden realizar lavados y muestreos seriados del sistema.³⁷⁻⁴¹

Según un estudio publicado por Vrijisen et al. (2020), la mayoría de los gatos presentan una mejoría clínica evidente en el postoperatorio inmediato después de la colocación del SUB. Sin embargo, existe una alta tasa de complicaciones a largo plazo, que ocurren en casi el 90% de los gatos que sobreviven (Tabla 6). En este estudio, las complicaciones más frecuentes observadas fueron la obstrucción del SUB (33,3% de las complicaciones), infección del tracto urinario inferior (20,8%), pielonefritis (20,8%) y cistitis estéril (12,5%).⁴²

Kulendra et al. (2020) concluyen en su estudio que la tasa de complicaciones mayores observadas fue relativamente alta (48%). No obstante, con una adecuada monitorización de las complicaciones, la tasa media de supervivencia fue mayor a 2 años. Las complicaciones observadas incluyeron la obstrucción del catéter por coágulos de sangre, torsiones del catéter, infección del tracto urinario inferior (31%), y disuria (8%). Esta última ocurre mucho más frecuentemente después de la colocación de *stent* ureterales (40%).⁴³



Tabla 6. Complicaciones posoperatorias principales asociadas a la cirugía tradicional, al *stent* ureteral y al SUB en el gato.³⁸

Cirugía tradicional	<i>Stent</i> ureteral	SUB
-Derrame -Reobstrucción (40%) -Formación de estenosis -Obstrucción recurrente a largo plazo *Mortalidad: 21%	-Intercambio de <i>stent</i> (27%) por migración u oclusión -Disuria (38%) -Infección del tracto urinario inferior (13%) -Reobstrucción (19-26%) -Hematuria crónica (18%) -Migración del <i>stent</i> (6%) *Mortalidad: 7,5%	-Oclusión del dispositivo (10%) -Infección del tracto urinario (15%) -Reobstrucción (18%) -Disuria (<2%) -Torsión del SUB -Derrame *Mortalidad: 5,8%

Esta tabla deja en evidencia que el dispositivo SUB, a pesar de presentar numerosas complicaciones posoperatorias, es la mejor opción en cuanto a tasa de supervivencia del paciente se refiere. Además, ofrece varias ventajas que las otras técnicas no presentan, siendo una de las más importantes la presencia del puerto subcutáneo para las funciones anteriormente descritas.

7. CONCLUSIONES

Mediante el análisis de la información recopilada en esta revisión bibliográfica, se han podido obtener las siguientes **conclusiones**:

- Las ventajas que ofrecen las técnicas mínimamente invasivas son evidentes para las patologías estudiadas en este trabajo, pero también se deben tener en cuenta los inconvenientes y las complicaciones asociadas a cada una de ellas.
- Se deben estudiar previamente los casos clínicos antes de optar directamente por las técnicas intervencionistas, ya que en algunos casos concretos dichas técnicas pueden estar contraindicadas y la cirugía abierta puede ser la mejor opción.
- La gran limitación que presentan estas técnicas en veterinaria es el requerimiento de una inversión inicial alta para obtener el equipamiento y los materiales adecuados, y la necesidad de una formación técnica profesional adecuada.



- Hasta el momento, el beneficio aportado por el uso de estas técnicas en la medicina veterinaria es evidente, pero se requieren más estudios prospectivos a largo plazo para definir mejor los resultados de cada técnica y así identificar mejor las ventajas y desventajas de cada una de ellas.

8. CONCLUSIONS

By analyzing the information collected in this bibliographic review, the following conclusions have been obtained:

- The advantages offered by minimally invasive techniques are evident for the pathologies studied in this work, but the inconveniences and complications associated with each of them must also be taken into account.

- Clinical cases should be previously studied before opting directly for interventional techniques, since in some specific cases these techniques may be contraindicated and the open surgery could be the best option.

- The biggest limitation of these techniques in veterinary medicine is the requirement of a high initial investment to obtain the appropriate equipment and materials, and the need for an adequate professional technical training.

- So far, the benefit provided by the use of these techniques in veterinary medicine is evident, but more long-term prospective studies are required to better define the results of each technique and, therefore, better identify the advantages and disadvantages of each of them.

9. VALORACIÓN PERSONAL

La realización de esta revisión bibliográfica ha sido un método de aprendizaje para mí. Desde que empecé a pensar en mi Trabajo de Fin de Grado sabía que lo quería realizar en relación a la cirugía mínimamente invasiva, debido a que es una especialidad relativamente nueva en veterinaria y se prevé que tenga un gran crecimiento en los próximos años. Además, durante la carrera sólo nos ofrecen unas pequeñas pinceladas sobre este gran tema, y mi deseo y objetivo con este trabajo era ampliar mis conocimientos acerca de ello, ya que me parece un tema muy interesante y que en un futuro próximo obtendrá mucha importancia dentro de la medicina veterinaria.

Este trabajo también me ha ayudado a aprender cómo se realizan las búsquedas bibliográficas, contrastando y seleccionando la información adecuada, y así obtener una mayor destreza en el uso de bases de datos como *PubMed* y *Web of Science*. También, me ha ayudado



a familiarizarme con las referencias bibliográficas, acerca de cómo redactarlas y añadirlas al texto.

En resumen, estoy muy satisfecha y agradecida de poder haber realizado este trabajo. Y gracias a mis tutoras Cristina Bonastre Ráfales y Sandra López Mínguez por su ayuda y apoyo en todo momento.

10. BIBLIOGRAFÍA

¹ Cléroxus, A., Hersh-Boyle, R. y Clarke, D. (2018). "Interventional Equipment and Radiation Safety". *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 48(5), pp. 751-763. DOI: 10.1016/j.cvsm.2018.05.009.

² Weisse, C. (2011). "Introduction to interventional radiology for the criticalist". *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 21(2), pp. 79-85. DOI: 10.1111/j.1476-4431.2011.00630.x.

³ Scansen, B. (2016). "Interventional Radiology: Equipment and Techniques". *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 46(3), pp. 535-52. DOI: 10.1016/j.cvsm.2015.12.009.

⁴ Mondschein, J. (2018). "Perspectives from Human Interventional Radiology". *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 48(5), pp. 743-749. DOI: 10.1016/j.cvsm.2018.05.001.

⁵ Seldinger, S. (1953). "Catheter Replacement of the Needle in Percutaneous Arteriography: A new technique". *Acta Radiologica*, 39(5), pp. 368-376.

⁶ Culp, W. y Griffin, A. (2018). "Interventional Radiology Management of Vascular Malformations". *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 48(5), pp. 781-795. DOI: 10.1016/j.cvsm.2018.05.002.

⁷ Brockman, D, Lipscomb, V. y Tivers, M. (2017). "Treatment of intrahepatic congenital portosystemic shunts in dogs: a systematic review". *Journal of Small Animal Practice*, 58(9), pp. 485-494. DOI: 10.1111/jsap.12712.

⁸ Weisse, C., Berent, A., Todd, K. y Solomon, J. (2008). "Potential applications of interventional radiology in veterinary medicine". *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 233(10), pp. 1564-1574. DOI: 10.2460/javma.233.10.1564.

⁹ Gonzalo-Orden, J.M., Altónaga, J., Costilla, S., Gonzalo Cordero, J.M., Millán, L. y Recio, A. (2000). "Transvenous coil embolization of an intrahepatic portosystemic shunt in a dog".



Veterinary Radiology & Ultrasound, 41(6), pp. 516-518. DOI: 10.1111/j.1740-8261.2000.tb01880.x.

¹⁰ Weisse, C., Berent, A., Todd, K., Solomon, J. y Cope, C. (2014). "Endovascular evaluation and treatment of intrahepatic portosystemic shunts in dogs: 100 cases (2001-2011)". *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 244(1), pp. 78-94. DOI: 10.2460/javma.244.1.78.

¹¹ Bussadori, R., Bussadori, C., Millán, L., Costilla, S., Rodríguez-Altónaga, J.A., Orden, M.A. y Gonzalo-Orden, J.M. (2007). "Transvenous coil embolization of the treatment of single congenital portosystemic shunts in six dogs". *The Veterinary Journal*, 176(2), pp. 221-226. DOI: 10.1016/j.tvjl.2007.02.027.

¹² Case, J.B., Marvel, S., Stiles, M., Maisenbacher, H., Toskich, B., Smeak, D. y Monnet, E. (2017). "Outcomes of cellophane banding or percutaneous transvenous coil embolization of canine intrahepatic portosystemic shunts". *Veterinary Surgery*, 47(S1), pp. 59-66. DOI: 10.1111/vsu.12750.

¹³ Culp, W., Zwingenberger, A., Giuffrida, M., Wisner, E., Hunt, G., Steffey, M., Mayhew, P. y Marks, S. (2017). "Prospective evaluation of outcome of dogs with intrahepatic portosystemic shunts treated via percutaneous transvenous coil embolization". *Veterinary Surgery*, 47(1), pp. 74-85. DOI: 10.1111/vsu.12732.

¹⁴ Tappin, S.W. (2016). "Canine tracheal collapse". *Journal of Small Animal Practice*, 57(1), pp. 9-17. DOI: 10.1111/jsap.12436.

¹⁵ Tinga, S., Thieman, K., Peycke, L. y Cohen, N. (2014). "Comparison of Outcome After Use of Extra-Luminal Rings and Intra-Luminal Stents for Treatment of Tracheal Collapse in Dogs". *Veterinary Surgery*, 44(7), pp. 858-865. DOI: 10.1111/vsu.12365.

¹⁶ Clarke, D. (2018). "Interventional Radiology Management of Tracheal and Bronchial Collapse". *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 48(5), pp. 765-779. DOI: 10.1016/j.cvsm.2018.05.010.

¹⁷ Raske, M., Weisse, C., Berent, A., McDougall, R. y Lamb, K. (2018). "Immediate, short-, and long-term changes in tracheal stent diameter, length, and positioning after placement in dogs with tracheal collapse syndrome". *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 32(2), pp. 782-791. DOI: 10.1111/jvim.15063.



- ¹⁸ Weisse, C. (2015). "Intraluminal Tracheal Stenting". En: Weisse, C. y Berent, A. (Coord.). *Veterinary Image-Guided Interventions*. (1ª ed.). New York: John Wiley & Sons, pp. 73-82.
- ¹⁹ Viollete, N., Weisse, C., Berent, A. y Lamb, K. (2019). "Correlations among tracheal dimensions, tracheal stent dimensions, and major complications after endoluminal stenting of tracheal collapse syndrome in dogs". *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 33(5), pp. 2209-2216. DOI: 10.1111/jvim.15555.
- ²⁰ Weisse, C., Berent, A., Violette, N., McDougall, R. y Lamb, K. (2019). "Short-, intermediate-, and long-term results for endoluminal stent placement in dogs with tracheal collapse". *Journal of American Veterinary Medical Association*, 254(3), pp.380-392. DOI: 10.2460/javma.254.3.380.
- ²¹ Broadus, K. y Tillson, D.M. (2010). "Patent Ductus Arteriosus in Dogs". *Compendium: Continuing Education for Veterinarians*, 32(9), pp. E1-E14. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20960409/> [Consultado 11-03-2021].
- ²² López-Alvarez, J. (2016). "Patent ductus arteriosus in cats". *Veterinary Record*, 179(1), pp. 15-16. DOI: 10.1136/vr.i3532.
- ²³ Scansen, B. (2018). "Cardiac Interventions in Small Animals: Areas of Uncertainty". *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 8(5), pp. 797-817. DOI: 10.1016/j.cvsm.2018.05.003.
- ²⁴ Tobias, A. y Stauthammer, C. (2010). "Minimally invasive per-catheter occlusion and dilation procedures for congenital cardiovascular abnormalities in dogs". *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 40(4), pp. 581-603. DOI: 10.1016/j.cvsm.2010.03.009.
- ²⁵ Hildebrandt, N., Schneider, C., Schweigl, T. y Schneider, M. (2010). "Long-term follow-up after transvenous single coil embolization of patent ductus arteriosus in dogs". *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 24(6), pp. 1400-1406. DOI: 10.1111/j.1939-1676.2010.0605.x.
- ²⁶ Nguyenba, T. y Tobias, A. (2007). "The Amplatz® canine duct occluder: A novel device for patent ductus arteriosus occlusion". *Journal of Veterinary Cardiology*, 9(2), pp. 109-117. DOI: 10.1016/j.jvc.2007.09.002.
- ²⁷ Claret, M., Lopez, B.S., Boz, E., Martelli, F., Pradelli, D. y Bussadori, C.M. (2019). "Complications during catheter-mediated patent ductus arteriosus closure and pulmonary



balloon valvuloplasty". *Journal of Small Animal Practice*, 60(10), pp. 607-615. DOI: 10.1111/jsap.13046.

²⁸ Ranganathan, B., LeBlanc, N., Scollan, K., Townsend, K., Agarwal, D. y Milovancev, M. (2018). "Comparison of major complication and survival rates between surgical ligation and use of a canine ductal occluder device for treatment of dogs with left-to-right shunting patent ductus arteriosus". *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 253(8), pp. 1046-1052. DOI: 10.2460/javma.253.8.1046.

²⁹ Tanak, R., Soda, A., Saida, Y., Sugihara, K., Takashima, K., Shibazaki, A. y Yamane, Y. (2007). "Evaluation of the Efficacy and Safety of Coil Occlusion for Patent Ductus Arteriosus in Dogs". *Journal of Veterinary Medical Science*, 69(8), pp. 857-859. DOI: 10.1292/jvms.69.857.

³⁰ Stauthammer, C., Olson, J., Leeder, D., Hohnadel, K., Hanson, M. y Tobias, A. (2014). "Patent ductus arteriosus occlusion in small dogs utilizing a low profile Amplatz® canine duct occluder prototype". *Journal of Veterinary Cardiology*, 17(3), pp. 203-209. DOI: 10.1016/j.jvc.2015.06.002.

³¹ Schrope, D. (2005). "Balloon valvuloplasty of valvular pulmonic stenosis in the dog". *Clinical Techniques in Small Animal Practice*, 20(3), pp. 182-195. DOI: 10.1053/j.ctsap.2005.05.007.

³² Belanger, C., Gunther-Harrington, C., Nishimura, S., Oldach, M., Fousse, S., Visser, L. y Stern, J. (2017). "High-pressure balloon valvuloplasty for severe pulmonary valve stenosis: a prospective observational pilot study in 25 dogs". *Journal of Veterinary Cardiology*, 20(2), pp. 115-122. DOI: 10.1016/j.jvc.2018.01.001.

³³ Sosa, I., Swift, S.T., Jones, A.E., Estrada, A.H. y Fudge, J.C. (2019). "Stent angioplasty for treatment of canine valvular pulmonic stenosis". *Journal of Veterinary Cardiology*, 21. Pp- 41-48. DOI: 10.1016/j.jvc.2018.10.007.

³⁴ Brockman, D. (2012). "Surgical therapy for canine congenital valvular pulmonic stenosis: when and how?". *Journal of Small Animal Practice*, 53(2), pp. 87-88. DOI: 10.1111/j.1748-5827.2012.01182.x.

³⁵ Bristow, P., Sargent, J., Fuentes, L. y Brockman, D. (2018). "Surgical treatment of pulmonic stenosis in dogs under cardiopulmonary bypass: outcome in nine dogs". *Journal of Small Animal Practice*, 59(1), pp. 38-44. DOI: 10.1111/jsap.12793.



- ³⁶ Fujiwara, M., Harada, K., Mizuno, T., Nishida, M., Mizukoshi, T., Mizuno, M. y Uechi, M. (2011). "Surgical treatment of severe pulmonic stenosis under cardiopulmonary bypass in small dogs". *Journal of Small Animal Practice*, 53(2), pp. 89-94. DOI: 10.1111/j.1748-5827.2011.01163.x.
- ³⁷ Berent, A. (2016). "Interventional Radiology of the Urinary Tract". *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 46(3), pp. 567-596. DOI: 10.1016/j.cvsm.2015.12.011.
- ³⁸ Berent, A. (2015). "Interventional urology: endourology in small animal veterinary medicine". *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 45(4), pp. 825-855. DOI: 10.1016/j.cvsm.2015.02.003.
- ³⁹ Berent, A. (2011). "Ureteral obstructions in dogs and cats: a review of traditional and new interventional diagnostic and therapeutic options". *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 21(2), pp. 86-103. DOI: 10.1111/j.1476-4431.2011.00628.x.
- ⁴⁰ Berent, A., Weisse, C., Bagley, D. y Lamb, K. (2018). "Use of a subcutaneous ureteral bypass device for treatment of benign ureteral obstruction in cats: 174 ureters in 134 cats (2009-2015)". *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 253(10), pp. 1309-1327. DOI: 10.2460/javma.253.10.1309.
- ⁴¹ Palm, C. y Culp, W. (2016). "Nephroureteral Obstructions: The Use of Stents and Ureteral Bypass Systems for Renal Decompression". *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 46(6), pp. 1183-1192. DOI: 10.1016/j.cvsm.2016.06.008.
- ⁴² Vrijssen, E., Devriendt, N., Mortier, F., Stock, E., Goethem, B.V. y Rooster, H. (2020). "Complications and survival after subcutaneous ureteral bypass device placement in 24 cats: a retrospective study (2016-2019)". *Journal of Feline Medicine and Surgery*, pp. 1-11. DOI: 10.1177/1098612X20975374.
- ⁴³ Kulendra, N.J., Borgeat, K., Syme, H., Dirrig, H. y Halfacree, Z. (2020). "Survival and complications in cats treated with subcutaneous ureteral bypass". *Journal of Small Animal Practice*, 62(1), pp. 4-11. DOI: 10.1111/jsap.13226.